La medida de conductividad. Un poco de teoría

¿Qué es y porqué se mide la conductividad?
La conductividad es la capacidad de una disolución de conducir la corriente eléctrica.
La conductividad es una medida de la concentración iónica total que tiene una disolución.
Se aplica en una gran variedad de industrias. En algunos casos se conoce la naturaleza de los iones y se utiliza para determinar la concentración de los mismos. Por ejemplo en la industria alimentaria se utiliza un conductímetro para medir la "salinidad" de las muestras y se aplica en control de calidad.
Por contraste, la medida de conductividad en aguas residuales, efluentes industriales etc. sirve para proporcionar lecturas de fuerza iónica total.
En general, la medida de conductividad es una forma rápida y sencilla de determinar la fuerza iónica de una disolución.
Su principal inconveniente es que es una técnica no específica.

χ

µS/cm: 0,05 – 1 – 10 – 100
mS/cm: 1 – 10 – 100 – 1000

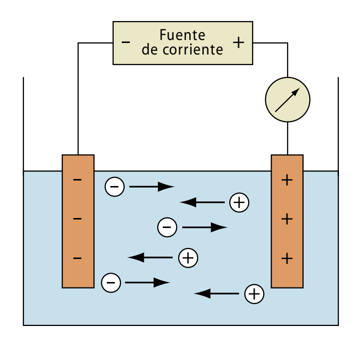
Agua
Agua ultrapura
Agua de alta pureza
Agua corriente

Alimentación
Agua mineral
Cerveza
Leche
Zumos

Procesos
Ácido fosfórico
Ácido sulfúrico
Ácido clorhídrico
Sosa cáustica

¿Cómo se mide la conductividad?
Un sistema completo para la medida de conductividad está formado por los siguientes elementos básicos:
- Célula de conductividad.
- Sonda de temperatura.
- Instrumento de medida.

El conductímetro mide la conductividad eléctrica de los iones en una disolución. Para ello aplica un campo eléctrico entre dos electrodos y mide la resistencia eléctrica de la disolución. Para evitar cambios en las sustancias, efectos de capa sobre los electrodos, etc. se aplica una corriente alterna.



Las unidades de medida habituales son los S/cm. Otras formas alternativas de expresar la conductividad de una disolución son la Salinidad y los Sólidos Totales Disueltos (STD).

Salinidad
Se refiere a la concentración de una disolución teórica de NaCl con la misma conductividad que la muestra en estudio. Se expresa en ppm o g/l de NaCl.

STD *(Sólidos Totales Disueltos)*
La conductividad puede ser utilizada como un indicador de la cantidad de materias disueltas en una disolución. Se expresa en ppm o g/l de $CaCO_3$.

El efecto de la temperatura
La conductividad de una disolución es altamente dependiente de la temperatura. Ésta tiene un doble efecto sobre los electrolitos, influye en su disolución y en la movilidad iónica.
La conductividad de una disolución aumenta con la temperatura. Este aumento normalmente se expresa en %/ºC, y se denomina Coeficiente de Temperatura (CT).
En general las disoluciones acuosas poseen un CT cercano al 2% / ºC.

Substancia @ 25ºC	Concentración %	Coeficiente temperatura, CT
HCl	10	1.56
KCl	10	1.88
NaCl	10	2.14
HF	1.5	7.20

La compensación de temperatura consiste en calcular, a partir del CT, el valor de la conductividad que tendría una muestra a una temperatura llamada de Referencia, normalmente 25ºC (UNE EN 27888).
Para poder aplicar esta compensación algunas células de conductividad CRISON albergan en su interior un sensor de temperatura, en otros casos es necesario adquirirlo separadamente.

Calibración con patrones

Consiste en ajustar los valores leídos por un conjunto instrumento – célula, según los valores de unas disoluciones patrón, *ver pág. 84*.
La calibración es muy importante para obtener una elevada exactitud de lectura.
Los instrumentos CRISON permiten efectuar la calibración en uno, dos o tres puntos según el modelo.

Calibración en un punto

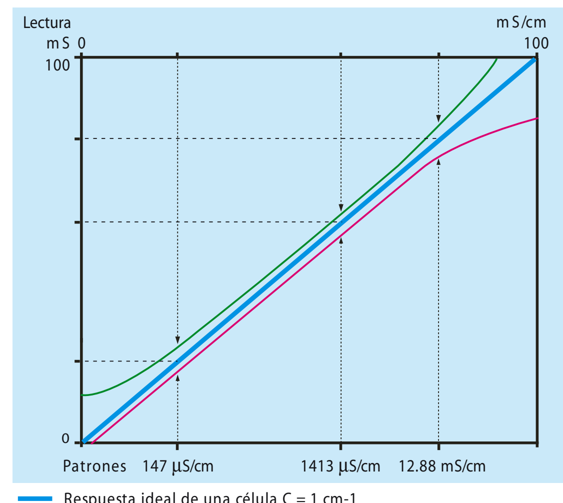
Este modo de calibración es aceptable cuando se miden valores de conductividad cercanos al valor del patrón utilizado.
Es la calibración más habitual. El patrón más utilizado, en este tipo de calibración es el de 1413 µS/cm.

Calibración en dos puntos

Cuando se quiere trabajar con precisión bien en la zona de bajas conductividades o en la de medias, se recomienda calibrar en dos puntos. Así se escogerán los patrones de 147 y 1413 µS/cm para la zona de bajas y los de 1413 µS/cm y 12.88 mS/cm para la de conductividades medias.
Siempre que se calibre con más de un patrón es recomendable empezar con el de menor conductividad. Así se evitan problemas de contaminación.

Calibración en tres puntos

Se recomienda calibrar en tres puntos cuando las muestras a medir tengan conductividades que abarcan una amplia zona de conductividades.



Frecuencia de calibración

Depende de la precisión exigida por el usuario y del efecto que las muestras a medir tengan sobre la célula.
Si las placas de medida no sufren alteración la calibración se mantiene durante largo tiempo.

Agitación y conductividad

La utilización de un agitador mejora la calidad de las medidas aumentando la rapidez y reproducibilidad de las mismas.
La agitación deberá ser siempre moderada.

GLP (Good Laboratory Practice)
Buenas prácticas de laboratorio en la medida de χ

Las recomendaciones GLP pretenden asegurar la calidad y validez de los analisis en los laboratorios.
Los requisitos son:
- Autotest del equipo.
- Autocompensación de la deriva analógica
- “Password” para proteger los programas de medida.
- El valor de la medida sólo aparece cuando se ha obtenido el punto de estabilidad. Imposibilidad de obtener una medida errónea.
- Posibilidad de imprimir informes debidamente encabezados con la fecha y hora de la medida o calibración.
- Fácil acceso a la programación del instrumento.
- Datos sobre la calibración.
- Mensaje de “Calibración caducada”.
- Protocolo de calibración fijo y obligatorio con 1 ó 2 patrones certificados, reconocibles por el instrumento.
- Calibración y medida en idénticas condiciones.
- Control del tiempo de duración de la medida y de la velocidad de agitación.
- Imposibilidad de medir en caso de calibración errónea.

Los conductímetros GLP 31, 32 han sido especialmente diseñados para cumplir las especificaciones precisas señaladas en las GLP.

χ



Conductímetros de laboratorio, Basic 30

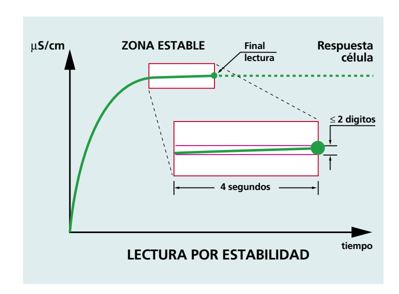
¡Un clásico CRISON!
Un conductímetro de uso extremadamente sencillo, muy versátil, excelente calidad, muy compacto y económico.

Características clave

Pantalla retroiluminada de cristal líquido, alfanumérica, con mensajes en su propio idioma.

Un **teclado intuitivo** y funcional.

Dos modos de medida, por estabilidad y en continuo.



Midiendo por estabilidad el usuario únicamente debe esperar a que la lectura se fije en pantalla. El instrumento actúa como si fuera un usuario experimentado, decidiendo cuando la lectura es estable. Este modo de medida elimina errores de criterio humano y ahorra tiempo de medida.

La medida en continuo se aplica en el seguimiento continuado de una reacción o cuando el usuario es experimentado y quiere aplicar un criterio específico.

Cambio de escalas automático de µS/cm a mS/cm, tanto en calibración como en medición. El instrumento selecciona la escala de mayor resolución para cada medida.

Calibración con un patrón, a elegir entre los tres posibles.
En cualquier momento puede consultarse el valor de la constante de célula utilizada.
Opción de trabajar con células de constantes: 0.1, 0.5, 1 ó 10 cm^{-1}.

Temperatura de referencia seleccionable entre 20 y 25ºC.

Certificados
El BASIC 30 se suministra con el Certificado de especificaciones y la declaración de conformidad CE según la directiva C.E.M. 89/336/CE.
Ver más información en pág. 132.

χ



Ejemplos de pantallas

Medida de conductividad.
y temperatura



El parpadeo de la unidad, indica lectura en evolución.

EL BASIC 30 le "dirige" durante el proceso de calibración.



Mensaje que aparece tras una calibración correcta.

EQUIPO CALIBRADO

Posibilidad de trabajar con células de otras constantes.

Cte Célula 0.1,0,5,1,10

Temperatura de referencia seleccionable.

TR 20 ó 25°C



Teclado

Intuitivo y funcional, con el mínimo número de teclas.



Funcionamiento

El software ha sido diseñado para que la utilización del instrumento sea inmediata. La propia intuición del operario le permite trabajar, incluso sin necesidad de consultar el manual de instrucciones.

χ

Especificaciones

Escalas de medida	
Conductividad χ	0.01 µS/cm… 1000 mS/cm (Ver células)
Temperatura	-10.0 ... 110.0°C
Resolución	Conductividad según escala y constante de célula utilizada.
	Temperatura 0.1°C.
Error de medida (± 1 dígito)	Conductividad ≤ 0.5%
	Temperatura ≤ 0.3°C
Reproducibilidad (± 1 dígito)	Conductividad ± 0.1%
	Temperatura ± 0.1°C
Método de compensación de temperatura	Lineal, CT fijo del 2%/cm
Temperatura de referencia	20 ó 25°C
Patrones reconocidos	147 µS/cm, 1413 µS/cm, 12.88 mS/cm
Posibilidades en calibración	Con 1 patrón
Constantes de célula aceptadas	0.1, 0.5, 1.0 y 10 cm^{-1} (-30%, +50% de estos valores)
Modos de medida	Por estabilidad y en continuo
Pantalla	Alfanumérica. De cristal líquido, retroiluminada.
	1 línea de 16 caracteres
Idiomas	Español, italiano, inglés y francés
Diagnóstico de puesta en marcha	Memorias RAM, EPROM, EEPROM, pantalla y teclado
Entradas	Célula de 2 polos, conexión por bananas
	CAT tipo Pt1000, conector telefónico
Alimentación	A través de alimentador externo 12 VCC / 275 mA
Seguridad eléctrica	Según CE EN 61010
C.E.M. (Compatibilidad Electromagnética)	Según CE, EN 50081-1 y EN 50082-1
Condiciones ambientales permitidas	Temperatura de trabajo 5...40 °C
	Temperatura de almacenamiento -15 ... 65 °C
	Humedad relativa, no condensada, 80 %
Contenedor	Poliuretano de alta densidad y acero esmaltado
Parámetros físicos	Peso 820 g, dimensiones 120 x 85 x 250

Especificaciones sujetas a cambio sin previo aviso

Para pedidos

Código	Descripción
30 00	BASIC 30 con accesorios, sin célula
30 01	BASIC 30 con accesorios y célula 52 93 con C.A.T. incorporado
30 03	BASIC 30 con accesorios y célula 52 92 y C.A.T. 55 31

ALIMENTADOR: El instrumento se suministra con alimentador a 230 VCA. Para 115 VCA, especificar en pedido.
SENSORES: Células, *ver págs. 82-83.* Sondas de Temperatura C.A.T., *ver pág. 44.*
ACCESORIOS: brazo flexible, botellas 250 ml patrón 1413 µS/cm, y 12.88 mS/cm, y frascos calibración.
ACCESORIOS OPCIONALES: *Ver pág. 61.*

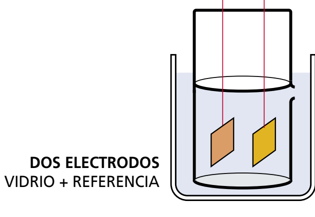


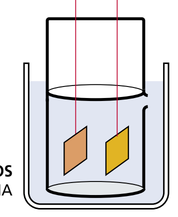
La célula de conductividad. Un poco de teoría



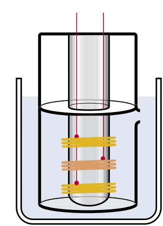
En el mercado existen distintos tipos de células:
- Con dos electrodos. Es el sistema clásico.
- Con cuatro electrodos. Se utiliza en medios sucios y con altas conductividades.
- Por inducción. Se utiliza en conductividades muy altas y medios altamente corrosivos.

La utilización de un tipo u otro de célula está directamente ligada al tipo de conductímetro que se posea. CRISON ofrece distintos modelos de células de dos electrodos, con los que se cubre la escala habitual de medida en laboratorio.

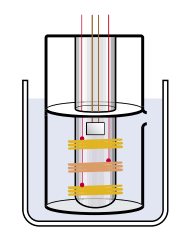




Célula de 2 electrodos
Está constituida por dos, o a veces tres, electrodos metálicos. Tradicionalmente se representa una célula como dos placas metálicas de 1 cm^2 y separadas entre sí 1 cm. Esto equivale a un constante de 1 cm^{-1}.



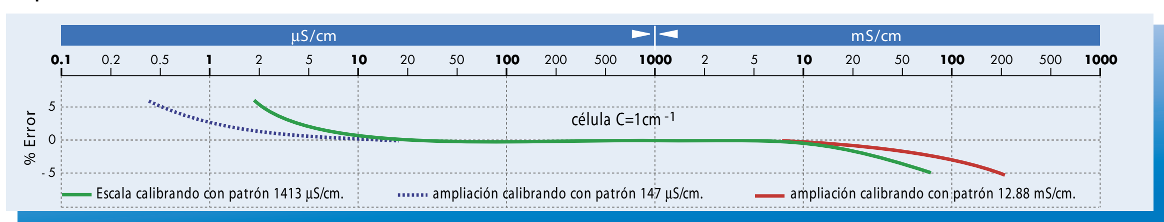
En la actualidad el número, forma, material y tamaño de las placas varía entre los diferentes modelos con un único fin, mejorar la medida. Es decir que el conjunto conductímetro-célula muestre una amplia escala de medida con una elevada precisión.



Células con sensor de temperatura
La aparición de células que incorporan el sensor de temperatura permite la medida simultánea de la conductividad y la temperatura y por lo tanto, corregir automáticamente el efecto de esta última sobre la conductividad de la muestra.

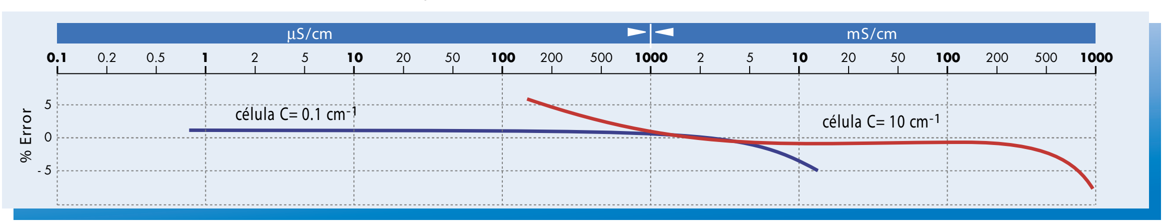
Constante de célula
La constante es un dato que caracteriza la célula. Depende de la geometría de la misma y se expresa en cm^{-1}.
No existe una célula que permita medir en toda la escala de conductividad con precisión suficiente. Por ello se utilizan células de diferente constante que permiten realizar medidas exactas a diferentes escalas.
Célula de constante C = 1 cm^{-1}. Es la más universal puesto que permite medir desde conductividades bajas a conductividades relativamente altas.
La mayoría de conductímetros CRISON permiten la calibración con varios patrones, de baja, media y alta conductividad, con lo que se minimizan los errores de este tipo de células en los extremos de la escala. Ver gráficas de comportamiento de las células con los diferentes conductímetros.

Respuesta de una célula estándar de constante C=1 cm^{-1}



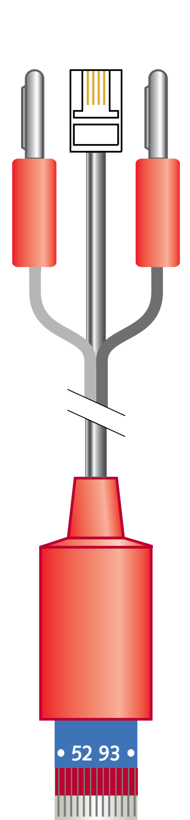
Células de otras constantes.
Cuando se van a medir conductividades fuera de la escala de medida de la célula de C=1 cm^{-1}, o bien los errores que presenta dicha célula no son admitidos, es necesario utilizar células de otras constantes:
- C = 0.1 cm^{-1}, para la zona de bajas conductividades.
- C = 10 cm^{-1} para la de altas conductividades.

Respuesta de células estándar de constante C=0.1 y 10 cm^{-1}





La célula de conductividad. Partes esenciales y consideraciones prácticas



Sensor de temperatura Pt 1000

Orificios de salida del aire

Electrodos B (unidos) en forma de anillo

Electrodo A en forma de anillo

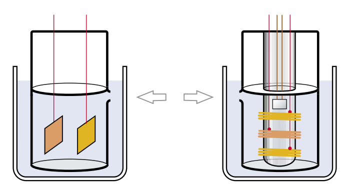
Cámara de medida

Conector
La mayoría de las células de conductividad de laboratorio son de cable fijo con conector bananas. Cuando la célula incorpora el sensor de temperatura éste debe conectarse por separado.
En los instrumentos portátiles el conector clásico de bananas ha sido sustituído por conectores múltiples que incluyen la conexión del sensor de temperatura.

Material del cuerpo
Puede ser de vidrio o plástico, este último les proporciona mayor robustez.

Material de la placas de medida
El material de los electrodos de medida también es variable.
Tradicionalmente se ha trabajado con células con los electrodos de platino. Normalmente el platino está recubierto electrolíticamente de ácido cloroplatínico, que le da un acabado rugoso llamado "negro de platino". Así se aumenta la superficie de medida y mejora la respuesta de la célula.
Actualmente en el laboratorio siguen utilizándose células de platino con el cuerpo de vidrio. En la industria se utilizan otros materiales con el fin de robustecer las células tanto mecánica como químicamente. Los más usados son el titanio, el acero inoxidable y el grafito.

Profundidad de inmersión



Es imprescindible que el líquido llegue a cubrir el orificio de salida del aire

Volumen mínimo de muestra
Dependerá de la forma del recipiente de medida, normalmente bastan unos pocos ml.

Duración de una célula
El tiempo de vida de una célula puede ser indefinido siempre que se efectúe el mantenimiento necesario y por supuesto no se rompa.

Replatinización
Mediante la replatinización se recubren electroliticamente las placas de medida de una célula de platino. Así se consigue aumentar la velocidad y la precisión de la lectura.
CRISON recomienda enviar las células a replatinizar a nuestro servicio postventa, ya que los reactivos necesarios son caros, se realiza con poca frecuencia y conlleva un cierto riesgo al manipularse reactivos muy corrosivos.

Problemas más frecuentes, causas posibles y actuación
- Medida de conductividad diferente al valor esperado.
  Verificar que la célula empleada es la adecuada para la escala de medida.
  Verificar que la célula no esté sucia y no tenga burbujas de aire entre las placas.
  Recalibrar con el patrón adecuado.
- Lentitud de respuesta o inestabilidad
  Verificar que la célula no esté sucia y no tenga burbujas de aire entre las placas.
  Si se trabaja con una célula de platino, puede ser necesario replatinizar.
- Valor de constante de célula no aceptado.
  Verificar que los patrones esten en buen estado y que el valor de la constante de la célula coincida con el seleccionado en el instrumento.

Calidad-precio
En la práctica la fiabilidad de una medición está directamente relacionada con la calidad del conjunto instrumento-célula utilizado. CRISON sólo le propone conductímetros y células de la máxima calidad ya que la experiencia nos confirma que a medio y largo plazo son más rentables.

Garantía
Las células CRISON están garantizadas durante 6 meses.
La garantía cubre únicamente defectos de fabricación.
La garantía no cubre los defectos que puedan presentarse por el uso, manipulación, aplicación o mantenimiento incorrectos, o a causa del desgaste prematuro inherente a determinadas muestras.

Disoluciones patrón de conductividad

Disoluciones trazables a N.I.S.T.

Para medir correctamente la conductividad es necesario calibrar periódicamente el conjunto conductímetro-célula con disoluciones patrón contrastadas.
Los patrones de conductividad CRISON son trazables a NIST.
CRISON ofrece tres disoluciones patrón de conductividad, listas para su uso inmediato, cuyos valores a 25 °C son 147 µS/cm, 1413 µS/cm y 12.88 mS/cm.





Composición

Patrón de 147 µS/cm: KCl 0.001 M
Patrón de 1413 µS/cm: KCl 0.01 M
Patrón de 12.88 mS/cm: KCl 0.1 M

Características

Las disoluciones patrón de conductividad se preparan según la ASTM D1125-95.
Están contrastadas con material de referencia patrón S.R.M. del National Institute of Standards & Technology (NIST).
Su tolerancia es:

- patrón de 147 µS/cm a 25 ºC: ± 5 µS/cm
- patrón de 1413 µS/cm a 25 ºC: ± 12 µS/cm
- patrón de 12.88 mS/cm a 25 ºC: ± 0.11 mS/cm

Duración: mínimo 2 años, conservadas correctamente.

Conductividad, χ, a distintas temperaturas

ºC	µS/cm	µS/cm	mS/cm
15.0	119	1147	10.48
16.0	122	1173	10.72
17.0	125	1199	10.95
18.0	127	1125	11.19
19.0	130	1251	11.43
20.0	133	1278	11.67
21.0	136	1305	11.91
22.0	139	1332	12.15
23.0	142	1359	12.39
24.0	145	1386	12.64
25.0	**147**	**1413**	**12.88**
26.0	150	1440	13.13
27.0	153	1467	13.37
28.0	156	1494	13.62
29.0	159	1522	13.87
30.0	162	1549	14.12

Certificados de análisis

Cada disolución patrón CRISON va acompañada de un certificado de análisis donde aparecen los siguientes datos: *Ver pág. 132.*

- incertidumbre
- trazabilidad
- composición
- número de lote
- fecha de caducidad

Para pedidos

Código	Descripción
97 01	Patrón de 147 µS/cm, frasco de 125 ml
97 11	Patrón de 1413 µS/cm, frasco de 125 ml
97 21	Patrón de 12.88 mS/cm, frasco de 125 ml
97 00	Patrón de 147 µS/cm, frasco de 250 ml
97 10	Patrón de 1413 µS/cm, frasco de 250 ml
97 20	Patrón de 12.88 mS/cm, frasco de 250 ml